

<http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&adjacent=true&locale=...> 11/19/2010



(19) **RU** (11) **2 238 611** (13) **C1**
(51) МПК⁷ **H 04 B 7/02, 7/26**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка 2003110020/09, 08.04.2003

(24) Дата начала действия патента: 08.04.2003

(30) Приоритет: 09.04.2002 KR 2002-19299

(45) Дата публикации: 20.10.2004

(56) Ссылки: EP 1063789 A1, 27.12.2000. US 5748676 A, 05.05.1998. RU 2179369 C2, 10.02.2002. RU 2141168 C1, 10.11.1999.

(98) Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городецкий и
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову, рег.№ 595

(72) Изобретатель: КИМ Сунг-джин (KR),
КИМ Хо-джин (KR), ЛИ Дзу-хо (KR), КИМ Ки-хо
(KR), ЛИ Хиеон-воо (KR)

(73) Патентообладатель:
САМСУНГ ЭЛЕКТРОНИКС КО., ЛТД. (KR)

(74) Патентный поверенный:
Кузнецов Юрий Дмитриевич

(54) УСТРОЙСТВО МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ С МНОЖЕСТВОМ ПЕРЕДАЮЩИХ И ПРИЕМНЫХ АНТЕНН И
СООТВЕТСТВУЮЩИЙ СПОСОБ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

(57) Реферат:

В устройстве мобильной связи базовая станция по меньшей мере с одной передающей антенной из принятого от мобильной станции сигнала обратной связи восстанавливает долгосрочную информацию, краткосрочную информацию, отношение уровня сигнала к совокупному уровню взаимных помех и шумов (ОСВПШ); выполняет пространственную обработку сигналов выделенного физического канала (ВФКн) и передает на мобильную станцию результаты суммирования сигналов канала пилот-сигнала (ПКн) с результатами пространственной обработки. Мобильная станция по меньшей мере с одной приемной антенной на основе переданных базовой станцией сигналов ПКн определяет первую характеристику, соответствующую характеристике канала линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн, определяет долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и информацию

управления мощностью передачи по линии "вниз", включающую ОСВПШ, которые отражают вышеупомянутую первую характеристику, и передает сигнал обратной связи на базовую станцию. Технический результат состоит в том, что можно минимизировать эффекты взаимных помех, шумов и замираний и тем самым максимизировать пропускную способность 2 н. и 31 з.п. фты. 23 ил.



Фиг. 1

RU 2 238 611 C1

RU 2 238 611 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 238 611** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl. ⁷ **H 04 B 7/02, 7/26**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2003110020/09, 08.04.2003
 (24) Effective date for property rights: 08.04.2003
 (30) Priority: 09.04.2002 KR 2002-19299
 (45) Date of publication: 20.10.2004
 (98) Mail address
 129010, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3,
 ООО "Юридическая фирма Городиски и
 Партнеры", пат.пов. Жу.Д.Кuznetsovu, reg.№ 595

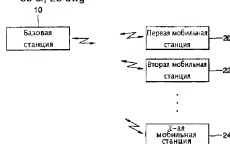
(72) Inventor: **KIM Sung-dzin (KR),
 KIM Kho-dzin (KR), Li Dzu-kho (KR), KIM Ki-kho
 (KR), Li Khieon-voo (KR)**
 (73) Proprietor:
SAMSUNG ELEKTRONIKS KO., LTD. (KR)
 (74) Representative:
 Kuznetsov Jurij Dmitrievich

(54) **MOBILE COMMUNICATION DEVICE WITH PLURALITY OF TRANSMITTING AND RECEIVING ANTENNAS
 AND RELEVANT METHOD FOR MOBILE COMMUNICATIONS**

(57) Abstract
 FIELD: mobile communications engineering.
 SUBSTANCE: base station of proposed
 device using at least one receiving
 antenna recovers long-time information,
 short-time information, and signal
 level-to-joint interference and noise
 ratio from feedback signal arriving from
 mobile station, executes spatial
 processing of signals coming from
 assigned physical channel, and transfers
 result of addition of pilot-channel
 signals and spatial processing data to
 mobile station. The latter using at least
 one receiving antenna evaluates first
 characteristic corresponding to that of
 downlink channel basing on data on
 pilot-channel signals transferred by base
 station for each of transmitting and
 receiving antennas, determines long-term
 information, short-term information, and
 downlink power transfer control

information including signal
 level-to-joint interference and noise
 ratio reflecting mentioned first
 characteristic, and transfers feedback
 signal to base station.
 EFFECT: minimized effect of
 interference, noise, and fading thereby
 maximizing throughput capacity.

33 cl., 23 dwg



Фиг. 1

RU 2 238 611 C1

RU 2 238 611 C1

Область техники, к которой относится изобретение.

Настоящее изобретение относится к мобильной связи и, более конкретно, к устройству мобильной связи с множеством передающих и приемных антенн и соответствующему способу мобильной связи, посредством которых можно минимизировать эффекты замираний, взаимных помех и шумов.

Уровень техники

Для систем мобильной связи следующего поколения требуется высокоскоростная передача данных, более быстрая, чем передача данных в системах мобильной связи для службы персональной связи. В качестве стандарта беспроводной связи в Европе и Японии была принята схема широкополосного множественного доступа с кодовым разделением каналов (UMDPK, W-CDMA), а в Северной Америке была принята схема MDPK 2000.

В общем случае систему мобильной связи конструируют из базовой станции и множества мобильных станций, находящихся друг с другом через базовую станцию. В системе мобильной связи можно достичь высокоскоростной передачи данных посредством минимизации взаимных помех между пользователями и потерь сигнала, таких как замирания, на которые влияют характеристики каналов. Для предотвращения нестабильности связи, обусловленной замираниями, применяют способы разнесения. В одном из таких способов, способе пространственного разнесения, используют множество антенн. Использование множества антенн является необходимым для будущих систем мобильной связи, так как оно позволяет минимизировать взаимные помехи между пользователями. Передающая система с множеством антенн, используемая для увеличения пропускной способности передачи, в котором для противодействия замираниям сигнала применяют способ разнесения с использованием множества антенн, требует широкой полосы частот для передачи, что является отличительным признаком систем мобильной связи следующего поколения.

Для высокоскоростной передачи данных существенным является решение проблемы замираний сигнала, которые являются наиболее значимой характеристикой канала, влияющей на производительность обычных систем мобильной связи. Это обусловлено тем, что замирания могут снизить амплитуду принимаемого сигнала до десятков дБ или даже до нескольких дБ. Для борьбы с замираниями применяют множество различных способов разнесения. В обычном способе MDPK используют многолучевой когерентный приемник, который принимает многолучевые сигналы, используя разброс задержек канала, и соответствует способу разнесения приема. Однако этот способ разнесения приема неэффективен в случае, когда разброс задержек мал.

Доплеровским каналам расширенного спектра требуется способ временного разнесения с использованием способа перемежения и кодирования. Однако данный способ временного разнесения нельзя применять в случае низкоскоростного доплеровского канала. Внутреннему каналу с

малым разбросом задержек и "ведомому" каналу, который является типичным примером низкоскоростного доплеровского канала, для противодействия замираниям требуется способ пространственного разнесения. В соответствии со способом пространственного разнесения для преодоления ослабления сигнала, обусловленного замираниями, при передаче используют две или более антенны посредством коммутации антенн. Пространственное разнесение классифицируют на разнесение приемных антенн, для чего требуются приемные антенны, и разнесение передающих антенн, для чего требуются передающие антенны. С точки зрения стоимости и использования пространства оказывается непрактичным применять разнесение приемных антенн на индивидуальных мобильных станциях, вместо этого применяют разнесение передающих антенн на базовой станции.

Разнесение передающих антенн разделяют по таким категориям, как разнесение передачи в замкнутом контуре, когда мобильные станции передают обратно на базовую станцию информацию о канале линии "вниз" (нисходящей линии связи), и разнесение передачи в открытом контуре, когда обратная связь от мобильных станций на базовую станцию отсутствует. В соответствии с подходом разнесения передачи мобильная станция определяет фазу и амплитуду каждого канала с целью нахождения оптимальных весовых коэффициентов. Для подробного определения фазы и амплитуды канала базовая станция через передающие антенны передает на мобильную станцию пилот-сигнал. Далее из каждого пилот-сигнала мобильная станция определяет амплитуду и фазу канала и находит оптимальные весовые коэффициенты на основе упомянутых амплитуды и фазы канала.

В случае разнесения передающих антенн эффекты разнесения и отношение "сигнал-шум" усиливаются по мере увеличения количества антенн. Однако усиление эффективности разнесения уменьшается по мере увеличения количества антенн (или трасс передачи сигнала), используемых на базовой станции, то есть степени разнесения. Следовательно, последующее увеличение количества антенн сверх определенного значения лишь для достижения сверхбольшого эффекта разнесения было бы дорогостоящим и непрактичным. Однако увеличение количества используемых на базовой станции антенн с целью минимизации мощности сигналов взаимных помех и максимизации отношения "внутренний сигнал-шум" является эффективным и весьма практичным способом.

Систему передающей адаптивной антенной решетки, которая обеспечивает эффекты разнесения, а также эффекты формирования диаграммы направленности с целью защиты внутреннего сигнала от взаимных помех и шумов, называют "системой формирования диаграммы направленности по линии "вниз"". В частности, систему, которая использует для разнесения передачи информацию обратной связи, называют "системой формирования

диаграммы направленности по линии "антен" в замкнутом контуре". Замкнутым системам формирования диаграммы направленности по линии "антен", которые используют информацию, передаваемую мобильными станциями в обратном направлении, требуется достаточно широкая полоса частот для канала обратной связи. Если же полоса частот канала обратной связи недостаточно широка, то эффективность связи снижается вследствие плохой адаптируемости к вариациям информации в канале.

Европейская ассоциация IMT-2000 стандартизации в версии 99 редакции стандарта Провокта Партнерства Третьего Поколения (3GPP) приняла режимы 1 и 2 передающей антенной решетки (ПАР), которые являются схемами разнесения передачи в замкнутом контуре для двух антенн. В режиме 1 ПАР, предложенном Nokia, в обратном направлении передают только разность фаз между двумя антеннами, а то время как в режиме 2 ПАР, предложенном Motorola, в обратном направлении передают коэффициенты усиления и фазы двух антенн. Режимы 1 и 2 ПАР описаны в спецификации на Универсальную Систему Мобильных Телекоммуникаций (UMTS), выработанную в рамках 3GPP.

В режимах 1 и 2 ПАР для разнесения передачи в замкнутом контуре используют адаптивную антенную решетку и применяют для каждой антенны из состава адаптивной антенной решетки отличающиеся комплексные весовые коэффициенты. Весовые коэффициенты, применяемые для адаптивной антенной решетки, связаны с каналами передачи, и, таким образом, их можно выразить, например, следующим равенством $w = h$. Здесь w - это вектор весовых коэффициентов передающей антенной решетки, а h - это вектор каналов передающей антенной решетки. В дальнейшем жирный шрифт будет обозначать векторы, а обычный шрифт будет обозначать скалярные величины.

В общем случае, в системе мобильной связи, использующей дуплексный способ частотного разделения каналов (ДЧПК, FDD), каналы приема и передачи имеют отличающиеся характеристики, так что нет необходимости передавать в обратном направлении относящуюся к базовой станции информацию о канале передачи с целью идентификации характеристики h канала передачи. В соответствии с режимами 1 и 2 ПАР, мобильная станция вычисляет информацию w о весовых коэффициентах, которую получают на основе информации h о канале, и передает вычисленную информацию о весовых коэффициентах обратно на базовую станцию.

В режиме 1 ПАР проводят дискретизацию только фазовой компоненты φ_1 и φ_2 информации w о весовых коэффициентах в виде двух битов и передают результат дискретизации в обратном направлении. Информацию w о весовых коэффициентах выражают в следующем виде: $w = [w_1] \exp(j\varphi_1)$, $[w_2] \exp(j\varphi_2)$, где w_1 и w_2 - скалярные величины. В рассматриваемом случае точность определения фазы равна $B/2$, а максимальная ошибка дискретизации равна

B/4. Для повышения эффективности обратной связи в каждый момент времени применяют более точный режим обновления только одного из двух битов. Например, возможные комбинации двух битов включают в себя $\{b(2k), b(2k+1)\}$ и $\{b(2k), b(2k+1)\}$, где b обозначает бит, передаваемый в обратном направлении в течение каждого последовательного временного слота.

В режиме 2 ПАР в обратном направлении передают обе составляющих, фазу и коэффициент усиления информации о весовых коэффициентах. Относящаяся к фазе составляющая информации о весовых коэффициентах передат в обратном направлении в виде 1 бита. Следовательно, точность определения фазы равна B/4, а максимальная ошибка дискретизации равна B/8. Для повышения эффективности обратной связи в каждый момент времени применяют прогрессивный более точный режим обновления только одного из четырех битов. В отличие от более точного режима обновления, на который наложено требование о том, что каждый бит должен быть значением ортогонального базиса, для прогрессивного более точного режима такого требования нет.

В случае, если количество антенн и пространственно-временные характеристики канала варьируются, для вышеописанных режимов 1 и 2 ПАР характерны следующие проблемы.

Во-первых, в случае, когда количество антенн увеличивается, также увеличивается и количество весовых коэффициентов для каждой антенны, подлежащих передаче в обратном направлении, и, таким образом, эффективность связи может снизиться в зависимости от скорости перемещения мобильной станции. При увеличении скорости перемещения мобильной станции вариации пространственно-временного канала становятся весьма существенными для обычного канала с замираниями. В этом случае скорость обратной связи для канала информации следует увеличить. По этой причине в случае, если скорость обратной связи для канала информации ограничена, эффективность связи может снизиться вследствие увеличения объема информации обратной связи при увеличении количества антенн.

Во-вторых, в случае, когда антенны расположены недостаточно далеко друг от друга, для каждой антенны увеличивается корреляция между каналами. Эта повышенная корреляция между каналами уменьшает объем информации, переносимой в матрице каналов. Использование эффективной схемы обратной связи позволяет предотвратить снижение эффективности связи, имеющее место в случае перемещающейся с большой скоростью мобильной станции даже при увеличении количества антенн. Однако вследствие того, что режимы 1 и 2 ПАР определены в предположении о том, что пространственно-временные каналы для двух антенн независимы, эффективность не гарантируется в случае, когда количество антенн и характеристики

пространственно-временного канала варьируются. Более того, режимы 1 и 2 ПАР не применялись для зон радиопокрытия, для которых используют более двух антенн.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Для решения вышеописанных проблем задачей настоящего изобретения является создание устройства мобильной связи с множеством передающих и приемных антенн, в котором с целью минимизации эффектов взаимных помех, шумов и замираний и максимизации пропускной способности при передаче данных от мобильной станции передают обратно на базовую станцию минимальные объемы долгосрочной информации и краткосрочной информации, отражающие характеристику пространственных каналов линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн из состава базовой станции и мобильных станций, оснащенных множеством передающих и приемных антенн, соответственно.

Другой задачей настоящего изобретения является создание способа мобильной связи, выполняемого в вышеописанном устройстве мобильной связи с множеством передающих и приемных антенн.

В соответствии с одним из аспектов настоящего изобретения предложено устройство мобильной связи с множеством передающих и приемных антенн, причем данное устройство содержит базовую станцию и мобильную станцию, при этом базовая станция по меньшей мере с одной передающей антенной из принятого от мобильной станции сигнала обратной связи восстанавливает долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и отношение уровня сигнала к совокупному уровню взаимных помех и шумов (ОСВПШ), проводит пространственную обработку сигналов выделенного физического канала (ВФКн), используя информацию о базисе, сформированную на основе восстановленных долгосрочной информации, краткосрочной информации и ОСВПШ, и передает на мобильную станцию результаты суммирования сигналов канала пилот-сигнала (ПКн) с результатами пространственной обработки. Мобильная станция по меньшей мере с одной приемной антенной на основе переданных базовой станцией сигналов ПКн определяет первую характеристику, соответствующую характеристике канала линии "вниз" для каждой из приемных и передающих антенн, определяет долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз", включающую ОСВПШ, которые отражают вышеупомянутую первую характеристику; преобразует ранее определенную долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" в сигнал обратной связи и передает этот сигнал обратной связи на базовую станцию. В рассматриваемом случае долгосрочная информация включает в себя эффективные долгосрочные собственные векторы и эффективные долгосрочные собственные значения, краткосрочная информация включает в себя эффективные краткосрочные собственные векторы, а информация

управления мощностью передачи по линии "вниз" служит индикатором того, следует ли увеличить или уменьшить мощность передачи по линии "вниз".

В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения предложен способ мобильной связи, выполненный между базовой станцией по меньшей мере с одной передающей антенной и мобильной станцией по меньшей мере с одной приемной антенной, причем данный способ заключается в том, что из принятого от мобильной станции сигнала обратной связи восстанавливают определенные на мобильной станции долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и ОСВПШ, отражающие первую характеристику, соответствующую характеристике канала линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн, проводят пространственную обработку сигналов ВФКн, используя информацию о базисе, сформированную на основе восстановленных долгосрочной информации, краткосрочной информации и ОСВПШ; суммируют сигналы ПКн с результатами пространственной обработки и передают результаты суммирования на мобильную станцию, причем долгосрочная информация включает в себя эффективные долгосрочные собственные векторы и эффективные долгосрочные собственные значения, а краткосрочная информация включает в себя эффективные краткосрочные собственные векторы.

ПЕРЕЧЕНЬ ФИГУР ЧЕРТЕЖЕЙ

Вышеупомянутые задачи и преимущества настоящего изобретения становятся более очевидными из подробного описания предпочтительных вариантов его осуществления, приведенного ниже со ссылкой на прилагающиеся чертежи, на которых:

На Фиг.1 показано соответствующее настоящему изобретению устройство мобильной связи,

На Фиг.2 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению способ мобильной связи, выполняемый в устройстве мобильной связи по Фиг.1;

На Фиг.3 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению вариант осуществления этапа 30 по Фиг.2;

На Фиг.4 показана блок-схема соответствующего настоящему изобретению варианта осуществления первой мобильной станции, второй мобильной станции или X-й мобильной станции по Фиг.1;

На Фиг.5 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению предпочтительный вариант осуществления этапа 42 по Фиг.3;

На Фиг.6 показана блок-схема соответствующего настоящему изобретению варианта осуществления блока определения долгосрочной информации по Фиг.4;

На Фиг.7 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению вариант осуществления этапа 92 по Фиг.5;

На Фиг.8 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению вариант осуществления этапа 44 по Фиг.3.

На Фиг 9 показана блок-схема соответствующего настоящему изобретению блока определения краткосрочной информации по Фиг.4;

На Фиг 10 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению вариант осуществления этапа 132 по Фиг.8;

На Фиг 11 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению вариант осуществления этапа 50 по Фиг.3;

На Фиг 12 показана блок-схема соответствующего настоящему изобретению блока управления мощностью передачи по линии "вниз" по Фиг.4;

На Фиг 13 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению вариант осуществления этапа 32 по Фиг.2;

На Фиг 14 показана блок-схема соответствующего настоящему изобретению варианта осуществления базовой станции по Фиг.1;

На Фиг 15 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению вариант осуществления этапа 172 по Фиг.13;

На Фиг 16 показана блок-схема соответствующего настоящему изобретению варианта осуществления блока формирования информации о базисе по Фиг.14;

На Фиг.17 показан пример таблицы, используемой в настоящем изобретении с целью определения эффективных краткосрочных собственных значений;

На Фиг.18 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению вариант осуществления этапа 208 по Фиг.15;

На Фиг.19 показана блок-схема соответствующего настоящему изобретению предпочтительного варианта осуществления третьего узла разложения по собственным значениям и их вычисления по Фиг.16, который реализует вариант осуществления по Фиг.18;

На Фиг 20 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению вариант осуществления этапа 174 по Фиг.13;

На Фиг 21 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая соответствующий настоящему изобретению вариант осуществления этапа 280 по Фиг.20;

На Фиг 22 показана блок-схема соответствующего настоящему изобретению предпочтительного варианта осуществления блока регуляции усиления по Фиг.14;

На Фиг 23 показана блок-схема соответствующего настоящему изобретению варианта осуществления блока применения базисных векторов по Фиг.14;

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Далее со ссылкой на прилагающиеся чертежи приводится описание структуры и функционального устройства мобильной связи с множеством передающих и приемных антенн и способа мобильной связи, выполняемого в устройстве мобильной связи, в соответствии с настоящим изобретением.

На Фиг.1 представлено схематическое изображение устройства мобильной связи, устройство мобильной связи содержит

базовую станцию 10, а также первую мобильную станцию 20, вторую мобильную станцию 22, ... и Х-ю мобильную станцию 24.

На Фиг 2 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая способ мобильной связи, выполняемый в устройстве мобильной связи по Фиг.1. Способ мобильной связи по Фиг 2 включает получение сигнала обратной связи (этап 30), а также суммирование сигналов выделенного физического канала (ВФКн), прошедших пространственную обработку с использованием восстановленных из сигнала обратной связи долгосрочной информации, краткосрочной информации и отношения уровня сигнала к совокупному уровню взаимных помех и шумов (ОСВПШ), с сигналами канала пилот-сигнала (ПКн) и передачу результатов суммирования (этап 32).

Каждая из мобильных станций с первой (20) по Х-ю (24) по Фиг 1 выполняет одинаковые функции. Базовая станция 10 включает в себя по меньшей мере одну передающую антенну, а каждая из мобильных станций с первой (20) по Х-ю (24) включает в себя по меньшей мере одну приемную антенну и может быть реализована, например, с терминалом в своем составе.

Базовая станция 10 по Фиг 1 восстанавливает долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и ОСВПШ из сигнала обратной связи, принятого от первой, второй, ... или Х-й мобильных станций 20, 22, ... или 24; проводит пространственную обработку сигналов ВФКн, используя информацию о базисе, сформированную на основе восстановленных долгосрочной информации, краткосрочной информации и ОСВПШ, суммирует сигналы ВФКн, прошедшие пространственную обработку с сигналами ПКн и передает результаты суммирования на первую, вторую, ... или Х-ю мобильные станции 20, 22, ... или 24 (этап 32). В рассматриваемом случае сигналы ВФКн, которые выражают как $P_i(k)$, где $1 \leq i \leq B$ и B - целое, большее или равное 1, которое обозначает количество передающих антенн, могут быть сигналами общего канала пилот-сигнала (ОПКн), сигналами выделенного ОПКн (ВдОПКн), сигналами вторичного ОПКн (ВтоОПКн) и т.д.

В случае, если предполагается, что мобильная станция 10 может функционировать согласно вышеприведенному описанию, первую, вторую, ... и Х-ю мобильные станции 20, 22, ... и 24, каждая из которых оснащена по меньшей мере одной приемной антенной, можно реализовать с любыми средствами, лишь бы означенные первая, вторая, ... и Х-я мобильные станции 20, 22, ... и 24 могли определять долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз", включающую ОСВПШ, которые отражают характеристику (в дальнейшем называемую "первой характеристикой" H), где H - матрица) канала линии "вниз" для каждой передающей и приемной антенны. В дальнейшем жирный шрифт будет обозначать векторы, а обычный шрифт будет обозначать скалярные величины. Характеристика H канала линии "вниз" для каждой передающей и приемной антенны обозначает фазу и амплитуду или коэффициент усиления

сигнала, переданного базовой станцией 10 по нековому каналу на мобильную станцию 20, 22... или 24. В рассматриваемом случае столбцами матрицы H первой характеристики являются каналы для передающих антенн базовой станции 10, а строками - каналы для приемных антенн первой, второй,... или X -й мобильных станций 20, 22,... и 24. Компоненты столбцов матрицы H первой характеристики получают в пространстве передающих антенн, а компоненты строк данной матрицы получают в пространстве приемных антенн.

В качестве примера на основе переданных базовой станцией 10 сигналов ПЧН первая, вторая,... или X -я мобильная станция 20, 22... или 24 определяет первую характеристику H на основе первой характеристики H , определяет долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз", которые отражают корреляцию характеристик между каналами для каждой передающей и приемной антенны, преобразует определенные краткосрочную информацию и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" в сигнал обратной связи и передает этот сигнал обратной связи на базовую станцию 10 (этап 30). Долгосрочная информация включает в себя эффективные долгосрочные собственные векторы и эффективные долгосрочные собственные значения, краткосрочная информация включает в себя эффективные краткосрочные собственные векторы, а информация управления мощностью передачи по линии "вниз" включает в себя информацию о том, следует ли увеличить или уменьшить мощность передачи по линии "вниз".

Для удобства понимания настоящего изобретения сначала описываются варианты осуществления первой, второй,... или X -й мобильной станции 20, 22... или 24 и этапа 30 со ссылкой на прилагающиеся чертежи, после чего следуют описания вариантов осуществления базовой станции 10 и этапа 32.

На Фиг.3 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая вариант 30А этапа 30 по Фиг.2. Этот вариант осуществления включает определение первой характеристики H и получение ОСВПШ (этап 40) определение долгосрочной информации и краткосрочной информации канала (этапы 42 и 44), получение информации высокоскоростной обратной связи, информации низкоскоростной обратной связи и информации управления мощностью передачи по линии "вниз" (этапы 46-50) и преобразование определенной информации высокоскоростной обратной связи, информации низкоскоростной обратной связи и информации управления мощностью передачи по линии "вниз" в сигнал обратной связи (этап 52).

На Фиг.4 показана блок-схема варианта осуществления первой мобильной станции 20, второй мобильной станции 22... или X -й мобильной станции 24 на Фиг.1. Мобильная станция на Фиг.4 включает в себя антенную решетку 60, блок 70 определения характеристик канала, блок 72 определения долгосрочной информации, блок 74 определения краткосрочной информации, блок 76 высокоскоростной обратной связи,

блок 78 низкоскоростной обратной связи, блок 80 восстановления сигнала, блок 82 преобразования сигнала и блок 84 управления мощностью передачи по линии "вниз".

Антенная решетка 60 на Фиг.4 включает в себя M приемных антенн 62, 64,..., 66, где M - целое, большее или равное 1, и принимает сигналы ВФЧН, прошедшие пространственную обработку, и сигналы ПЧН, переданные базовой станцией 10. Блок 70 определения характеристик канала определяет первую характеристику H на основе сигналов ПЧН, переданных базовой станцией 10 и принятых через антенную решетку 60, на основе первой характеристики H , используя нижеприведенное уравнение (1), определяет мгновенную корреляцию [в дальнейшем называемую "второй характеристикой R "] характеристики канала линии "вниз" для каждой передающей и приемной антенны, выдает определенную вторую характеристику R на блок 72 определения долгосрочной информации и блок 74 определения краткосрочной информации, на основе определенной второй характеристики R , используя нижеприведенное уравнение (2), получает ОСВПШ для управления мощностью передачи по линии "вниз" и выдает полученное ОСВПШ на блок 84 управления мощностью передачи по линии "вниз" (этап 40). Вторую характеристику R выражают в виде матрицы размерности $B \times B$.

$$R = H^H \cdot H \quad (1)$$

$$ОСВПШ = \sum \text{diag}(R), \quad (2)$$

После этапа 40 блок 72 определения долгосрочной информации на основе второй характеристики R , определенной блоком 70 определения характеристик канала, определяет эффективные долгосрочные собственные векторы Q_L и эффективные долгосрочные собственные значения Λ_L , которые составляют долгосрочную информацию, и выдает определенные эффективные долгосрочные собственные векторы Q_L и эффективные долгосрочные собственные значения Λ_L на блок 74 определения краткосрочной информации и блок 78 низкоскоростной обратной связи, соответственно (этап 42). В рассматриваемом случае долгосрочные собственные значения имеют однозначное соответствие с долгосрочными собственными векторами. Долгосрочные собственные векторы, имеющие однозначное соответствие с эффективными долгосрочными собственными значениями Λ_L , называют эффективными долгосрочными собственными векторами Q_L . Эффективные долгосрочные собственные векторы Q_L образуют матрицу размерности $B \times N_B$, а эффективные долгосрочные собственные значения Λ_L - матрицу размерности $N_B \times N_B$.

Далее со ссылкой на прилагающиеся чертежи приводится описание вариантов осуществления этапа 42 по Фиг.3 и блока 72 определения долгосрочной информации по Фиг.4.

На Фиг.5 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая предпочтительный вариант 42А осуществления этапа 42 по Фиг.3. Этот

вариант осуществления включает получение долгосрочной корреляции характеристики канала линии "вниз" для каждой передающей и приемной антенны посредством суммирования второй характеристики R нарастающим итогом (этап 90) и определения долгосрочной информации из полученной долгосрочной корреляции характеристики канала линии "вниз" (этап 92).

На Фиг.6 показана блок-схема варианта 72А осуществления блока 72 определения долгосрочной информации по Фиг.4. Вариант 72А включает в себя узел 100 суммирования нарастающим итогом и первый узел 110 разложения по собственным значениям и их вычисления.

После этапа 40 по Фиг.3 узел 100 суммирования нарастающим итогом по Фиг.6 суммирует нарастающим итогом вторую характеристику R, поступающую от блока 70 определения характеристик канала, и выдает результат $R_{LT}(k)$ суммирования нарастающим итогом на первый узел 110 разложения по собственным значениям и их вычисления в качестве долгосрочной корреляции (в дальнейшем называемой "третьей характеристикой R_{LT} ") характеристики канала линии "вниз" для каждой передающей и приемной антенны (этап 90). Третья характеристика R_{LT} , то есть результат $R_{LT}(k)$ суммирования нарастающим итогом, выражают в виде матрицы размерности $B \times B$ в соответствии с нижеприведенным уравнением (3).

$$R_{LT} = \sum H^H \cdot H = \sum R$$

$$R_{LT}(k) = \rho R_{LT}(k-1) + R(k) \quad (3)$$

где ρ - коэффициент отсуживания последствия, а k обозначает дискретное время.

После этапа 90 первый узел 110 разложения по собственным значениям и их вычисления, используя третью характеристику R_{LT} , поступающую от узла 100 суммирования нарастающим итогом, формирует эффективные долгосрочные собственные векторы q_{LT} и эффективные долгосрочные собственные значения λ_{LT} , которые соответствуют долгосрочной информации, посредством метода разложения по собственным значениям (РСЗ, EVD) и выдает сформированные эффективные долгосрочные собственные векторы q_{LT} и эффективные долгосрочные собственные значения λ_{LT} на блок 74 определения краткосрочной информации и блок 78 низкоскоростной обратной связи (этап 92). Применяемый в данном варианте осуществления метод РСЗ описан в "Matrix computations", G Golub and C Van Loan, John Hopkins University Press, London, 1996.

Далее приводится описание вариантов осуществления этапа 92 по Фиг.5 и первого узла 110 разложения по собственным значениям и их вычисления по Фиг.6 настоящего изобретения.

На Фиг.7 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая вариант 82А осуществления этапа 92 по Фиг.5. Вариант 82А включает выбор долгосрочных собственных векторов q_{LT} и эффективных долгосрочных собственных значений λ_{LT} из долгосрочных

собственных векторов и долгосрочных собственных значений в качестве долгосрочной информации (этапы 120-124).

Для выполнения варианта 92А по Фиг.7 первый узел 110 разложения по собственным значениям и их вычисления можно реализовать таким образом, чтобы он включал в себя первый блок 112 разложения по собственным значениям, счетчик 114 векторов и первый селектор 116, как показано на Фиг.6.

После этапа 90 по Фиг.5 первый блок 112 разложения по собственным значениям, используя третью характеристику R $_{LT}$, поступающую от узла 100 суммирования нарастающим итогом, формирует $B \times B$ долгосрочных собственных векторов $q_{LT1} \dots q_{LTB}$ и $B \times B$ долгосрочных собственных значений $\lambda_{LT1} \dots \lambda_{LTB}$ посредством вышеописанного метода РСЗ, выдает $B \times B$ сформированных долгосрочных собственных значений $\lambda_{LT1} \dots \lambda_{LTB}$ на счетчик 114 векторов и первый селектор 116 и выдает $B \times B$ сформированных долгосрочных собственных векторов $q_{LT1} \dots q_{LTB}$ на первый селектор 116 (этап 120).

После этапа 120 счетчик 114 векторов подсчитывает количество долгосрочных собственных значений $\lambda_{LT1} \dots \lambda_{LTB}$, которые превышают первое заданное пороговое значение, определяет результат подсчета как количество N_b эффективных долгосрочных собственных векторов, где $1 \leq N_b \leq B$, и выдает определенное количество N_b эффективных долгосрочных собственных векторов на первый селектор 116 (этап 122). С этой целью счетчик 114 векторов можно реализовать таким образом, чтобы он включал в себя счетчик (не показан). Первое заданное пороговое значение представляет собой ненулевое значение, стремящееся к нулю, которое обозначает уровень шумов в третьей характеристике R_{LT} .

После этапа 122 первый селектор 116 выбирает N_b долгосрочных собственных векторов из $B \times B$ долгосрочных собственных векторов $q_{LT1} \dots q_{LTB}$, поступивших от первого блока 112 разложения по собственным значениям, и выдает N_b вектор-столбцов, которые состоят из N_b выбранных долгосрочных собственных векторов, а также, из поступивших от первого блока 112 разложения по собственным значениям $\lambda_{LT1} \dots \lambda_{LTB}$ первый селектор 116 выбирает долгосрочные собственные значения в количестве, равном количеству N_b эффективных долгосрочных собственных векторов, из которых были удалены шумы, и выдает диагональную матрицу, состоящую из выбранных долгосрочных собственных значений, в качестве эффективных долгосрочных собственных значений λ_{LT} (этап 124).

После этапа 42 по Фиг.3 блок 74 определения краткосрочной информации, используя поступившую от блока 70 характеристику R и поступившую от блока 72 определенную долгосрочную информацию, включающую в

себя эффективные долгосрочные собственные векторы Q_{LT} и эффективные долгосрочные собственные значения Λ_{LT} . Q_{LT} определяет эффективные краткосрочные собственные векторы Q_{ST} , которые соответствуют краткосрочной информации, и выдает определенные эффективные краткосрочные собственные векторы Q_{ST} на блок 76 высокоскоростной обратной связи (этап 44). Эффективные краткосрочные собственные векторы Q_{ST} образуют матрицу размерности $N_B \cdot (N_B - 1)$.

Далее со ссылкой на прилагающиеся чертежи приводится описание вариантов осуществления этапа 44 по Фиг.3 и блока 74 определения краткосрочной информации по Фиг.4.

На Фиг.8 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая вариант 44А осуществления этапа 44 по Фиг.3. Вариант 44А включает получение краткосрочной корреляции характеристики канала линии "вниз" для каждой передающей и приемной антенны (этап 130) и получение краткосрочной информации из полученной краткосрочной корреляции характеристики канала линии "вниз" (этап 132).

На Фиг.9 показана блок-схема варианта 74А осуществления блока 74 определения краткосрочной информации по Фиг.4. Вариант 74А включает в себя узел 140 определения краткосрочной корреляции и второй узел 142 разложения по собственным значениям и их вычисления.

После этапа 42 по Фиг.3 узел 140 определения краткосрочной корреляции на основе поступающей от блока 70 определения характеристик канала второй характеристики R и поступающей от блока 72 определения краткосрочной информации, включающей в себя эффективные долгосрочные собственные векторы Q_L и эффективные долгосрочные собственные значения Λ_{LT} , определяет краткосрочную корреляцию (далее называемую "четвертой характеристикой g_{ST} ") характеристики канала линии "вниз" для каждой передающей и приемной антенны и выдает определенную четвертую характеристику g_{ST} на второй узел 142 разложения по собственным значениям и их вычисления (этап 130). Четвертую характеристику g_{ST} выражают в виде матрицы размерности $N_B \cdot N_B$:

$$R_{ST} = \Lambda_{LT}^{-1} Q_L^H R Q_L \Lambda_{LT}^{-1} \quad (4)$$

После этапа 130 второй узел 142 разложения по собственным значениям и их вычисления на основе четвертой характеристики g_{ST} , поступившей от узла 140 определения краткосрочной корреляции, определяет эффективные краткосрочные собственные векторы Q_{ST} посредством вышеописанного метода PC3 и выдает определенные эффективные краткосрочные собственные векторы Q_{ST} на блок 76 высокоскоростной обратной связи в качестве краткосрочной информации (этап 132).

Далее приводится описание вариантов осуществления этапа 132 по Фиг.8 и второго узла 142 разложения по собственным значениям и их вычисления по Фиг.9.

На Фиг.10 показана блок-схема алгоритма варианта 132А осуществления этапа 132 по Фиг.8. Вариант 132А включает выбор эффективных краткосрочных собственных векторов Q_{ST} из краткосрочных собственных векторов в качестве краткосрочной информации (этапы 150-152).

Для реализации варианта 132А по Фиг.10 второй узел 142 разложения по собственным значениям и их вычисления можно реализовать таким образом, чтобы он включал в себя второй блок 144 разложения по собственным значениям и второй селектор 148, как показано на Фиг.9.

После этапа 130 по Фиг.8 второй блок 144 разложения по собственным значениям, используя четвертую характеристику R g_{ST} , поступающую от узла 140 определения краткосрочной корреляции, посредством вышеописанного метода PC3 формирует N_B краткосрочных собственных векторов Q_{ST} , ниже выраженных уравнением (5), и выдает N_B сформированных краткосрочных собственных векторов Q_{ST} на второй селектор 146 (этап 150).

$$Q_{ST} = [Q_{ST1}, Q_{ST2}, \dots, Q_{STN_B}] \quad (5)$$

После этапа 150 второй селектор 148 выбирает $N_B \cdot (N_B - 1)$ краткосрочных собственных векторов из N_B краткосрочных собственных векторов Q_{ST} , поступивших от второго блока 144 разложения по собственным значениям, и выдает вектор-столбцы, которые состоят из выбранных краткосрочных собственных векторов, ниже выраженных уравнением (6), в качестве эффективных краткосрочных собственных векторов q_{ST} (этап 152).

$$Q_{ST} = [Q_{ST1}, Q_{ST2}, \dots, Q_{STN_B-1}] \quad (6)$$

После этапа 44 по Фиг.3 первая мобильная станция 20, вторая мобильная станция 22... или X-я мобильная станция 24 преобразует краткосрочную информацию, включающую в себя эффективные краткосрочные собственные векторы q_{ST} , долгосрочную информацию, включающую в себя эффективные долгосрочные собственные векторы Q_L и эффективные долгосрочные собственные значения Λ_{LT} , информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" в сигнал обратной связи, имеющий удобное представление для передачи обратно на базовую станцию 10, и передает этот преобразованный сигнал обратной связи на базовую станцию 10 через антенную решетку 60 (этапы 46-52).

Для выполнения этапов 46-52 задействуют блок 76 высокоскоростной обратной связи, блок 78 высокоскоростной обратной связи, блок 82 преобразования сигнала и блок 84 управления мощностью передачи по линии "вниз". После этапа 44 блок 76 высокоскоростной обратной связи кодирует эффективные краткосрочные собственные векторы q_{ST} , поступившие от блока 74 определения краткосрочной информации, в виде битов и выдает результат битового кодирования на блок 82 преобразования сигнала в качестве информации высокоскоростной обратной связи за первые заданные интервалы времени (этап 46).

После этапа 46 блок 78 низкоскоростной обратной связи кодирует поступающую от блока 72 определения долгосрочной информации долгосрочную информацию, включающую в себя эффективные долгосрочные собственные векторы q_d и эффективные долгосрочные собственные значения λ_d в виде битов и выдает результат битового кодирования на блок 82 преобразования сигнала в качестве информации низкоскоростной обратной связи за второе заданные интервалы времени (этап 48). В рассматриваемом случае первый заданный интервал времени короче второго заданного интервала времени. Например, второй заданный интервал времени может быть в 10 раз длиннее первого заданного интервала времени. В этом случае, а то время как блок 78 низкоскоростной обратной связи выдает на блок 82 преобразования сигнала один бит информации, блок 76 высокоскоростной обратной связи выдает на блок 82 преобразования сигнала 10 битов информации. Соответственно, краткосрочную информацию можно передавать на блок 82 преобразования сигнала быстрее, чем долгосрочную информацию.

После этапа 48 блок 84 управления мощностью передачи по линии "вниз", используя ОСБПШ, поступившее от блока 70 определения характеристик канала, формирует информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" и передает сформированную информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" на блок 82 преобразования сигнала (этап 50). Способ управления мощностью передачи по линии "вниз" описан в "CDMA Systems Engineering Handbook", J. Lee and L. E. Miller, Artech House Publishers, Boston and London, 1998 (pp.387-399).

В соответствии с настоящим изобретением, в отличие от иллюстрации на Фиг.3, этапы 46 и 48 можно выполнять одновременно. В качестве альтернативы, этап 46 может следовать за этапом 48. В этом случае этап 50 можно сформировать после этапа 48 или в любое время между этапами 42-48.

Далее со ссылкой на прилагающиеся чертежи приводится описание вариантов осуществления этапа 50 по Фиг.3 и блока 84 управления мощностью передачи по линии "вниз" по Фиг.4.

Фиг.11 представляет собой блок-схему алгоритма, иллюстрирующую вариант 50А осуществления этапа 50 по Фиг.3. Данный вариант 50А включает вычитание второго заданного порогового значения ОСБПШ_{порог} из ОСБПШ (этап 156) и определение информации управления мощностью передачи по линии "вниз" на основе знака результата вычитания (этап 158).

Фиг.12 представляет собой блок-схему варианта 84А осуществления блока 84 управления мощностью передачи по линии "вниз" по Фиг.4. Вариант 84А включает в себя узел 160 вычитания и узел 162 проверки знака.

Узел 160 вычитания на Фиг.12 вычитает второе заданное пороговое значение ОСБПШ_{порог} из ОСБПШ, поступившего от блока 70 определения характеристик канала, и выдает результат вычитания на узел 162

проверки знака (этап 156). После этапа 156 узел 162 проверки знака определяет информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" на основе знака результата вычитания, поступившего от узла 160 вычитания, и выдает определенную информацию С управления мощностью передачи по линии "вниз" на блок 82 преобразования сигнала (этап 158). Например, если узлом 162 проверки знака определено, что ОСБПШ больше или равно второму заданному пороговому значению ОСБПШ_{порог}, то информацию С управления мощностью передачи по линии "вниз" задают равной 1. Если же узлом 162 проверки знака определено, что ОСБПШ меньше второго заданного порогового значения ОСБПШ_{порог}, то информацию С управления мощностью передачи по линии "вниз" задают равной -1. Здесь С=1 означает уменьшение мощности передачи по линии "вниз", а С=-1 означает увеличение мощности передачи по линии "вниз".

После этапа 50 блок 82 преобразования сигнала мультиплексирует информацию высокоскоростной обратной связи, поступающую от блока 76 высокоскоростной обратной связи, информацию низкоскоростной обратной связи, поступающую от блока 78 низкоскоростной обратной связи, и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз", поступающую от блока 84 управления мощностью передачи по линии "вниз", и выдает результат мультиплексирования на антенную решетку 60 в качестве сигнала обратной связи в представлении, удобном для передачи в обратном направлении (этап 52). Подаваемый на вход антенной решетки 60 сигнал обратной связи передается на базовую станцию 10.

В соответствии с настоящим изобретением первая мобильная станция 20, вторая мобильная станция 22 или Х-я мобильная станция 24 может дополнительно включать в себя блок 80 восстановления сигнала, как это показано на Фиг.4. В произвольный момент времени в течение этапов 40-52 блок 80 восстановления сигнала восстанавливает исходные сигналы ВФКН из сигналов ВФКН, прошедших пространственную обработку на базовой станции 10 и принятых через антенную решетку 60, и выдает восстановленные сигналы ВФКН, которые в дальнейшем обозначают как ВФКН.

Далее со ссылкой на прилагающиеся чертежи приводится описание вариантов осуществления базовой станции 10 по Фиг.1 и этапа 32 по Фиг.2.

На Фиг.13 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая вариант 32А осуществления этапа 32 по Фиг.2. Вариант 32А включает пространственную обработку сигналов ВФКН с использованием восстановленной долгосрочной информации, краткосрочной информации и ОСБПШ (этапы 170-176) и суммирование сигналов пилотного канала (ПЧН) с сигналами ВФКН, прошедшими пространственную обработку (этап 178).

На Фиг.14 показана блок-схема варианта осуществления базовой станции 10 по Фиг.1. В этом варианте осуществления базовая станция 10 включает в себя блок 180 восстановления информации, блок 182

формирования информации о базисе, блок 184 регулировки усиления, блок 186 применения базисных векторов, блок 188 суммирования и антенную решетку 190.

Антенная решетка 190 по Фиг.14, которая включает в себя В передающих антенн 192, 194, ..., 196 принимает от первой мобильной станции 20, второй мобильной станции 22, ... или X-й мобильной станции 24 сигнал обратной связи по выделенному физическому каналу управления (ВФКНУ) линии "вверх" и передает сигналы ВФКН, прошедшие пространственную обработку, и сигналы ПКН на первую мобильную станцию 20, вторую мобильную станцию 22, ... или X-ю мобильную станцию 24.

После этапа 30 по Фиг.2 блок 180 восстановления информации восстанавливает долгосрочную информацию, эффективные краткосрочные собственные векторы и ОСВПШ из сигнала обратной связи, принятого через антенную решетку 190, и выдает восстановленные долгосрочную информацию, эффективные краткосрочные собственные векторы и ОСВПШ на блок 182 формирования информации о базисе (этап 170). В силу того что блок 76 высокоскоростной обратной связи и блок 78 низкоскоростной обратной связи по Фиг.4 выдают долгосрочную информацию и эффективные краткосрочные собственные векторы, соответственно, с низкими и высокими скоростями передачи данных через блок 82 преобразования сигнала, долгосрочную информацию и краткосрочную информацию восстанавливают,

соответственно, с низкими и высокими скоростями передачи данных посредством блока 180 восстановления информации.

После этапа 170 блок 182 формирования информации о базисе на основе долгосрочной информации, эффективных краткосрочных собственных векторов и ОСВПШ, восстановленных блоком 180 восстановления информации, формирует базисные векторы Q и коэффициенты $r^{1/2}$ усиления в качестве информации о базисе и выдает сформированные коэффициенты $r^{1/2}$ усиления на блок 184 регулировки усиления, а сформированные базисные векторы Q - на блок 186 применения базисных векторов. В рассматриваемом случае базисные векторы Q образуют матрицу размерности $B \times N$, а коэффициенты $r^{1/2}$ усиления - матрицу размерности $N \times 1$, где N обозначает количество базисных векторов.

Далее со ссылкой на прилагающиеся чертежи приводится описание вариантов осуществления этапа 172 по Фиг.13 и блока 182 формирования информации о базисе по Фиг.14.

На Фиг.15 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая вариант 172А осуществления этапа 172 по Фиг.13. Вариант 172А включает интерполяцию восстановленной краткосрочной информации и формирование эффективных краткосрочных собственных значений (этапы 200 и 202), а также определение базисных векторов Q и коэффициентов $r^{1/2}$ усиления на основе долгосрочной информации и краткосрочной информации (этапы 204-208).

На Фиг.16 показана блок-схема варианта

182А осуществления блока 182 формирования информации о базисе по Фиг.14. Вариант 182А включает в себя узел 220 интерполяции базисных векторов, узел 222 формирования базисных значений, первый узел 224 умножения, второй узел 226 умножения и третий узел 228 разложения по собственным значениям и их вычисления.

После этапа 170 по Фиг.13 узел 220 интерполяции базисных векторов интерполирует восстановленные эффективные краткосрочные собственные значения Q_{st} с помощью от блока 180 восстановления информации, и выдает результаты Q_{st0} интерполяции на первый узел 224 умножения (этап 200). Упомянутую интерполяцию выполняют на основе ортогонального сигнала между собственными векторами с использованием нижеприведенного уравнения (7):

$$Q_{st0} = [Q_{st}^T \quad Q_{st}^T \cdot A_s]^T \quad (7)$$

где Q_{st0} можно выразить нижеприведенным уравнением (8), при этом выполняется условие, выраженное уравнением (9):

$$Q_{st} = [Q_{st,1}^T \quad \dots \quad Q_{st,(N_s-1)}^T]^T \quad (8)$$

$$Q_{st,N_s}^T \cdot Q_{st,N_s-1}^T = \dots = Q_{st,N_s}^T \cdot Q_{st,1}^T = 0 \quad (9)$$

После этапа 200 узел 222 формирования базисных значений определяет эффективные краткосрочные собственные значения Λ_{st} , используя таблицу T , полученную на основе восстановленного отношения ОСВПШ/уровня сигнала к совокупному уровню взаимных помех и шумов, а также количество N_b эффективных долгосрочных собственных векторов, поступивших от блока 180 восстановления информации, и выдает определенные эффективные краткосрочные собственные значения Λ_{st} на первый узел 224 умножения (этап 202). Как рассматривалось выше, хотя в соответствии с настоящим изобретением мобильная станция 20, 22, ... или 24 не передает эффективные краткосрочные собственные значения Λ_{st} обратно на базовую станцию 10, эффективные краткосрочные собственные значения Λ_{st} можно получить на основе восстановленного отношения ОСВПШ/уровня сигнала к совокупному уровню взаимных помех и шумов.

Фиг.17 иллюстрирует таблицу T , используемую для определения эффективных краткосрочных собственных значений Λ_{st} , в которой вертикальная ось соответствует значениям T в дБ, а горизонтальная ось соответствует количеству N_b эффективных долгосрочных собственных векторов.

В соответствующем настоящему изобретению варианте осуществления узел 222 формирования базисных значений может в качестве примера хранить эффективные краткосрочные собственные значения Λ_{st} для различных значений ОСВПШ и количество N_b эффективных долгосрочных собственных векторов в таблице соответствий, как показано на Фиг.17. В этом случае эффективные краткосрочные собственные значения Λ_{st} считают в соответствии с восстановленным ОСВПШ и количеством N_b эффективных долгосрочных собственных

векторов и выдают их на первый узел 224 умножения.

В другом соответствующем настоящему изобретению варианте осуществления вместо того, чтобы хранить эффективные краткосрочные собственные значения в таблице соответствий, узел 222 формирования базисных значений может вычислить таблицу $T(N_B)$ или $T(N_B, \gamma)$ на основе ОСВПШ и количества N_B эффективных долгосрочных собственных векторов, используя нижеприведенные уравнения (10) или (11)

$$\psi(N_B) = \frac{\hat{A}^H \psi(N_B)}{\gamma}, \text{ где } \hat{A} \psi(N_B) = \begin{bmatrix} \lambda_{N_B} & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{N_B} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\psi(N_B) = \frac{\hat{A}^H \psi(N_B)}{\gamma}, \text{ где } \hat{A} \psi(N_B) = \begin{bmatrix} \lambda_{N_B} & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_{N_B} \end{bmatrix} \quad (11)$$

В вышеприведенных уравнениях (10) и (11) $E[\cdot]$ обозначает оператор усреднения по множеству, \hat{A} (N_B) обозначает диагональную матрицу случайных значений, полученную на основе произвольной четвертой характеристики \hat{A}_T посредством метода РСЗ в случае, когда количество краткосрочных собственных значений равно N_B , $\hat{A}_T(N_B, \gamma)$ обозначает диагональную матрицу случайных значений, полученную на основе произвольной четвертой характеристики \hat{A}_T посредством метода РСЗ в случае, когда количество краткосрочных собственных значений равно N_B и ОСВПШ равно γ . На основе вышеприведенных уравнения (10) для $T(N_B)$ или уравнения (11) для $T(N_B, \gamma)$ эффективные краткосрочные собственные значения Λ^{st} можно выразить следующим уравнением (12)

$$\Lambda^{st}(N_B) = \gamma(N_B) \quad \text{или} \quad \Lambda^{st}(N_B, \gamma) = \gamma(N_B, \gamma) \quad (12)$$

После этапа 202 первый узел 224 умножения в соответствии с нижеприведенным уравнением (13) умножает долгосрочную информацию, поступившую от блока 180 восстановления информации, поступившей от узла 220 интерполяции базисных векторов результаты q^{st} интерполяции, выполненной с использованием восстановленных эффективных краткосрочных собственных значений, и эффективные краткосрочные собственные значения Λ^{st} , сформированные узлом 222 формирования базисных векторов, и выдает произведение W^H на второй узел 226 умножения в качестве характеристической матрицы канала приема (этап 204). В рассматриваемом случае характеристическая матрица W^H канала приема - это матрица размерности $B \times N_B$

$$W^H = q^{st} \Lambda^{st, 1/2} q^{st, 1/2} \quad (13)$$

где q^{st} и Λ^{st} обозначают долгосрочную информацию, восстановленную блоком 180 восстановления информации, и в частности, q^{st} обозначает восстановленные эффективные долгосрочные собственные значения в матрице размерности $B \times N_B$, а Λ^{st} обозначает восстановленные эффективные долгосрочные собственные значения в матрице размерности $N_B \times N_B$.

q^{st} обозначает интерполированные восстановленные эффективные краткосрочные собственные значения в матрице размерности $N_B \times N_B$, а Λ^{st} обозначает восстановленные эффективные краткосрочные собственные значения в матрице размерности $N_B \times N_B$.

После этапа 204 второй узел 226 умножения вычисляет матрицу R^* автокорреляции, которая соответствует вычисленному в соответствии с нижеприведенным уравнением (14) комплексному произведению характеристической матрицы W^H канала приема, выдаваемым первым узлом 224 умножения, и выдает вычисленную матрицу R^* автокорреляции на третий узел 228 разложения по собственным значениям и их вычисления (этап 206). В рассматриваемом случае матрица R^* автокорреляции - это матрица размерности $B \times B$.

$$R^* = W^H W \quad (14)$$

После этапа 206 третий узел 228 разложения по собственным значениям и их вычисления на основе матрицы R^* автокорреляции формирует эффективные мгновенные собственные векторы, то есть базисные векторы Q , и коэффициенты $P^{1/2}$ усиления и выдает результаты (этап 208).

Далее по ссылке на прилагающиеся чертежи приводится описание вариантов осуществления этапа 208 по Фиг.15 и третьего узла 228 разложения по собственным значениям и их вычисления по Фиг.16.

На Фиг.18 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая вариант 208А осуществления этапа 208 по Фиг.15. Вариант 208А включает получение базисных векторов Q и коэффициентов $P^{1/2}$ усиления на основе мгновенных собственных векторов и собственных значений (этапы 240-244).

На Фиг.19 показана блок-схема предпочтительного варианта 228А осуществления третьего узла 228 разложения по собственным значениям и их вычисления по Фиг.16, который выполняет вариант 208А по Фиг.18. Вариант 228А осуществления третьего узла 228 разложения по собственным значениям и их вычисления включает в себя третий блок 252 разложения по собственным значениям, узел 254 распределения мощности и третий селектор 256.

После этапа 206 по Фиг.15 третий блок 252 разложения по собственным значениям посредством вышеописанного метода РСЗ на основе матрицы R^* автокорреляции, поступившей от второго узла 226 умножения, формирует $B \times B$ мгновенных собственных векторов Q_0 и $B \times B$ мгновенных собственных значений Λ_0 и выдает $B \times B$ сформированных мгновенных собственных векторов Q_0 на третий селектор 256, а $B \times B$ сформированных мгновенных собственных значений Λ_0 - на узел 254 распределения мощности (этап 240).

После этапа 240 по Фиг.18 узел 254 распределения мощности на основе мгновенных собственных значений Λ_0 , поступивших от третьего блока 252 разложения по собственным значениям,

формирует количество N базисных векторов и коэффициенты $p^{1/2}$ усиления и выдает сформированное количество N базисных векторов на третий селектор 256, а сформированные коэффициенты $p^{1/2}$ усиления – на блок 184 регулировки усиления (этап 242). В частности, узел 254 распределения мощности получает соотношение распределения мощностей по каналам, используя мгновенные собственные значения Λ_0 , распределяет по каналам выделенную базовой станции 10 суммарную мощность, используя полученное соотношение распределения мощностей, и определяет результаты распределения в виде коэффициентов $p^{1/2}$ усиления. В рассматриваемом случае узел 254 распределения мощности может вычислить соотношение распределения мощности и количество N базисных векторов на основе мгновенных собственных значений Λ_0 , используя метод гидрофильтрации или метод обратной гидрофильтрации. Метод гидрофильтрации описан в "Digital Baseband Transmission and Recording", Jan W.M. Bergmans, Kluwer Academic Press, Boston, 1996. Метод обратной гидрофильтрации описан в диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, озаглавленной "Linear precoding and decoding for multiple input, multiple output (MIMO) wireless channels", Hernan Sampath, Stanford University, April 2001.

После этапа 242 третий селектор 256 выбирает из мгновенных собственных векторов Q_0 , поступивших от третьего блока 252 разложения по собственным значениям, мгновенные собственные векторы в количестве, равном количеству N базисных векторов, поступившему от узла 256 распределения мощности, и выдает вектор-столбцы, состоящие из N выбранных мгновенных собственных векторов, в качестве эффективных мгновенных собственных векторов, то есть базисных векторов Q , на блок 186 применения базисных векторов (этап 244). В рассматриваемом случае размеры вектор-столбцов равны N .

После этапа 172 по Фиг.13 блок 184 регулировки усиления в соответствии с N коэффициентами $p^{1/2}$ усиления, поступившими от блока 182 формирования информации о базисе, регулирует амплитуды сигналов ВФКН и выдает сигналы ВФКН, прошедшие регулировку амплитуды, на блок 186 применения базисных векторов (этап 174).

Далее со ссылкой на прилагающуюся чертежи приводится описание варианта осуществления этапа 174 по Фиг.13.

На Фиг.20 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая вариант 174А осуществления этапа 174 по Фиг.13. Вариант 174А включает регулирование порядков модуляции, скоростей кодирования и амплитуд сигналов ВФКН (этап 260), а также расширение спектра и скремблирование сигналов ВФКН, содержащих результаты регулировки (этап 262).

Согласно Фиг.20 после этапа 172 выполняют регулирование порядков модуляции, скоростей кодирования и амплитуд сигналов ВФКН (этап 260).

Нижне со ссылкой на прилагающиеся

чертежи приводятся описания варианта осуществления этапа 260 по Фиг.20 и блока 184 регулировки усиления по Фиг.14.

На Фиг.21 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующая вариант 260А осуществления этапа 260 по Фиг.20. Вариант 260А включает умножение сигналов ВФКН, модулированных с порядками модуляции, вычисленными с использованием коэффициентов усиления, на эти коэффициенты усиления (этапы 270-274).

На Фиг.22 показана блок-схема предпочтительного варианта 184А осуществления блока 184 регулировки усиления по Фиг.14. Вариант 184А осуществления блока 184 регулировки усиления включает в себя контроллер 280, модуляторы 282, 284,... и 286 P_1 -порядка, P_2 -порядка,... и P_{N_0} -порядка, первый, второй,... и P_{N_0} -й блоки 290, 292,... и 294 умножения, и (N_0+1) -й блок 300 умножения.

После этапа 172 контроллер 280, используя коэффициенты $p^{1/2}$ усиления, поступившие от блока 182 формирования информации о базисе, посредством линейной пропорции вычисляет порядки модуляции для модуляторов 282, 284,... и 286 P_1 -порядка, P_2 -порядка,... и P_{N_0} -порядка, и выдает вычисленные порядки модуляции на соответствующие модуляторы 282, 284,... и 286 P_1 -порядка, P_2 -порядка,... и P_{N_0} -порядка (этап 270). Контроллер 280, используя коэффициенты $p^{1/2}$ усиления, проверяет величину мощности, выделенную каждому из каналов, и определяет порядок модуляции каждого из каналов пропорционально величине мощности, выделенной каждому из каналов. Контроллер 280 назначает самый высокий порядок модуляции каналу, которому выделена максимальная мощность, а самый низкий порядок модуляции каналу, которому выделена наименьшая мощность.

После этапа 270 модуляторы 282, 284,... и 286 P_1 -порядка, P_2 -порядка,... и P_{N_0} -порядка выполняют квадратурную амплитудную модуляцию (QAM, QAM) P_1 -порядка, P_2 -порядка,... и P_{N_0} -порядка сигналов ВФКН в соответствии с порядками модуляции, поступившими от контроллера 280, и выдают результаты модуляции на первый, второй,... и P_{N_0} -й блоки 290, 292,... и 294 умножения, соответственно (этап 272). В качестве альтернативы модуляторы 282, 284,... и 286 P_1 -порядка, P_2 -порядка,... и P_{N_0} -порядка могут модулировать сигналы ВФКН посредством метода адаптивной модуляции и кодирования (AMC, AMC). Метод AMC раскрывается в статье, озаглавленной "Variable-Rate Variable-Power MCQAM for Fading Channels", IEEE Trans On Communications Vol.45, No.10, A Goldsmith and S.Chua, October, 1997.

После этапа 272 первый, второй,... и N_0 -й блоки 290, 292,... и 294 умножения умножают результаты модуляции, поступившие от соответствующих модуляторов 282, 284,... и 286 P_1 -порядка, P_2 -порядка,... и P_{N_0} -порядка, на коэффициенты $p^{1/2}$ усиления и выдают произведения на (N_0+1) -й блок 300 умножения (этап 274).

Контроллер 280, модуляторы 282, 284,... и 286 P_1 -порядка, P_2 -порядка,... и P_{N_0} -порядка,

а также первый, второй,... и N_B -й блоки 290, 292... и 294 умножения выполняют этап 280 по Фиг.20 или этап 260А по Фиг.21

Согласно Фиг.20 после этапа 280 (N_B+1)-й блок 300 умножения выполняет произведение, поступающие от первого, второго,... и N_B -го блоков 290, 292... и 294 умножения на потоки сигналов скремблирования/расширения спектра и выдает результаты умножения в качестве сигналов ВФЧН с отрегулированными амплитудами через выходной порт Вых1 на блок 186 применения базисных векторов (этап 282). В рассматриваемом случае потоки сигналов скремблирования/расширения спектра, выраженные как $C_{sp}C_{sc}$, относятся к результату умножения потоков C_{sc} сигналов скремблирования на потоки C_{sp} сигналов расширения спектра. Хотя на чертеже показано, что потоки сигналов скремблирования/расширения спектра предварительно сохранены в блоке 184 регуляторы усиления по Фиг.14, потоки сигналов скремблирования/расширения спектра могут поступать извне, что отличается от иллюстрации по Фиг.14.

В соответствии с настоящим изобретением (N_B+1)-й блок 300 умножения из состава блока 184А регуляторы усиления по Фиг.22 может являться необязательным компонентом. Если этап 262 опущен, то есть если блок 184А регуляторы усиления не включает в себя (N_B+1)-й блок 300 умножения, то результаты умножений, выполняемых в первом, втором,... и N_B -м блоках 290, 292... и 294 умножения выдают на блок 186 применения базисных векторов в качестве сигналов ВФЧН с отрегулированными амплитудами

После этапа 174 по Фиг.13 блок 186 применения базисных векторов применяет базисные векторы Q , поступающие от блока 182 формирования информации о базисе, к прошедшим регуляровку амплитуды сигналам ВФЧН, поступившим от блока 184 регуляторы усиления, и выдает результаты на блок 188 суммирования в качестве сигналов ВФЧН, прошедших пространственную обработку (этап 178).

На Фиг.23 приведена блок-схема варианта 188А осуществления блока 186 применения базисных векторов по Фиг.14. Вариант 188А осуществления блока 186 применения базисных векторов включает в себя (N_B+2)-й блок 310 умножения

Для выполнения этапа 176 (N_B+2)-й блок 310 умножения из состава блока 188А применения базисных векторов согласно нижеприведенному уравнению (15) умножает N_B сигналов i ВФЧН с отрегулированными амплитудами, поступивших через входной порт ВХ2 от блока 184 регуляторы усиления, на базисные векторы Q , поступающие от блока 182 формирования информации о базисе, и выдает результаты умножения через выходной порт Вых2 на блок 188 суммирования в качестве сигналов о ВФЧН, прошедших пространственную обработку.

$$o = Q_i, \quad (15)$$

где o и i выражают нижеприведенными уравнениями (16) и (17) соответственно.

$$o = [o_1, o_2, \dots, o_N] \quad (16)$$

$$i = [i_1, i_2, \dots, i_N] \quad (17)$$

После этапа 176 блок 188 суммирует сигналы $P_1(k)$, $P_2(k)$, $P_3(k)$,... и $P_N(k)$ ПКН, поступившие через входной порт ВХ1, с прошедшими пространственную обработку сигналами ВФЧН, поступившими от блока 186 применения базисных векторов, и передает результаты суммирования через антенную решетку 190, включающую в себя передающие антенны, на первую мобильную станцию 20, вторую мобильную станцию 22... или X -ю мобильную станцию 24 (этап 178).

Для выполнения этапа 178 блок 188 суммирования может включать в себя N сумматоров (не показаны). В рассматриваемом случае сумматоры суммируют соответствующие сигналы $P_1(k)$, $P_2(k)$, $P_3(k)$,... и $P_N(k)$ ПКН с прошедшими пространственную обработку сигналами ВФЧН, поступившими от блока 186 применения базисных векторов, и выдает результаты суммирования на соответствующие передающие антенны 192, 194,... и 196 из состава антенной решетки 190. Передающие антенны 192, 194,... и 196 передают результаты суммирования, выполненного соответствующими сумматорами (не показаны) из состава блока 188 суммирования, на соответствующие мобильные станции 20, 22,... и 24.

Варианты осуществления базовой станции 10 по Фиг.1 и этапа 32 не ограничиваются вышеприведенными вариантами осуществления базовой станции 10 этапа 30 и применимы к любой мобильной станции, способной формировать долгосрочную информацию и краткосрочную информацию, и преобразовывать эти виды информации в сигнал обратной связи, а также способной передавать этот сигнал обратной связи на базовую станцию 10, как это описывалось выше.

В соответствии с вышеприведенным описанием в устройстве мобильной связи, включающем в себя множество передающих и приемных антенн, и способе мобильной связи, который выполняет соответствующее настоящему изобретению устройство мобильной связи, мобильная станция передает обратно на базовую станцию долгосрочную информацию и краткосрочную информацию, отражающие характеристику пространственного канала линии "тык", причем в качестве краткосрочной информации в обратном направлении передают только эффективные краткосрочные собственные векторы, а эффективные краткосрочные собственные значения исключают. Следовательно, благодаря большим преимуществам замкнутых систем связи можно минимизировать эффекты взаимных помех, шумов и замираний и тем самым максимизировать пропускную способность.

Не взирая на то, что настоящее изобретение практически было представлено и описано со ссылкой на определенные предпочтительные варианты его осуществления, рядовой специалист в рассматриваемой области техники осознает, что разнообразные изменения в его форме и деталях могут быть сделаны без какого-либо отступления от сущности и объема настоящего изобретения, формула

которого прилагается ниже

Формула изобретения:

1. Устройство мобильной связи с множеством передающих и приемных антенн, содержащее базовую станцию и мобильную станцию, причем базовая станция по меньшей мере с одной передающей антенной из принятого от мобильной станции сигнала обратной связи восстанавливает долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и отношение уровня сигнала к совокупному уровню взаимных помех и шумов (ОСВПШ), выполняет пространственную обработку сигналов выделенного физического канала (ВФКн), используя информацию о базисе, сформированную на основе восстановленных долгосрочной информации, краткосрочной информации и ОСВПШ, и передает на мобильную станцию результаты суммирования сигналов канала пилот-сигнала (ПКн) с результатами пространственной обработки, мобильная станция по меньшей мере с одной приемной антенной на основе переданных базовой станцией сигналов ПКн определяет первую характеристику, соответствующую характеристике канала линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн, определяет долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз", содержащую ОСВПШ, которые отражают вышеупомянутую первую характеристику, преобразует определенные долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" в сигнал обратной связи и передает этот сигнал обратной связи на базовую станцию, причем долгосрочная информация включает в себя эффективные долгосрочные собственные вектора и эффективные долгосрочные собственные значения, краткосрочная информация включает в себя эффективные краткосрочные собственные вектора, а информация управления мощностью передачи по линии "вниз" служит индикатором того, следует ли увеличить или уменьшить мощность передачи по линии "вниз".

2. Устройство мобильной связи по п.1, отличающееся тем, что мобильная станция включает в себя блок определения характеристик канала, который определяет первую характеристику на основе сигналов ПКн, принятых через по меньшей мере одну приемную антенну, определяет вторую характеристику на основе первой характеристики и формирует ОСВПШ на основе сформированной второй характеристики, блок определения долгосрочной информации, который определяет эффективные долгосрочные собственные вектора и эффективные долгосрочные собственные значения, использует вторую характеристику, поступившую от блока определения характеристик канала, блок определения краткосрочной информации, который определяет эффективные краткосрочные собственные вектора, используя вторую характеристику, поступившую от блока определения характеристик канала, и долгосрочную информацию, блок высокоскоростной обратной связи, который кодирует эффективные краткосрочные

собственные значения, поступившие от блока определения краткосрочной информации, в виде битов и выдает результат битового кодирования за первые заданные интервалы времени в качестве информации высокоскоростной обратной связи, блок низкоскоростной обратной связи, который кодирует долгосрочную информацию, поступившую от блока определения долгосрочной информации, в виде битов и выдает результат битового кодирования за вторые заданные интервалы времени в качестве информации низкоскоростной обратной связи, блок управления мощностью передачи по линии "вниз", который формирует информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" на основе ОСВПШ, сформированного блоком определения характеристик канала и выдает сформированную информацию управления мощностью передачи по линии "вниз", и блок преобразования сигнала, который мультиплицирует информацию высокоскоростной обратной связи и информацию низкоскоростной обратной связи и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" и выдает результат мультиплицирования в качестве сигнала обратной связи по меньшей мере на одну приемную антенну, причем вторая характеристика соответствует мгновенной корреляции характеристики канала линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн, приемная антенна передает сигнал обратной связи на базовую станцию, а первый заданный интервал времени короче, чем второй заданный интервал времени.

3. Устройство мобильной связи по п.2, отличающееся тем, что мобильная станция дополнительно включает в себя блок восстановления сигнала, который восстанавливает сигналы ВФКн из результатов пространственной обработки, принятых по меньшей мере через одну приемную антенну, и выдает восстановленные сигналы ВФКн.

4. Устройство мобильной связи по п.2, отличающееся тем, что блок определения долгосрочной информации включает в себя узел суммирования нарастающим итогом, который суммирует нарастающим итогом вторую характеристику, поступившую от блока определения характеристик канала, и выдает результат суммирования нарастающим итогом в качестве третьей характеристики, первый узел разложения по собственным значениям и их вычисления, который посредством метода разложения по собственным значениям формирует эффективные долгосрочные собственные вектора и эффективные долгосрочные собственные значения на основе третьей характеристики, причем третья характеристика соответствует долгосрочной корреляции характеристик канала линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн.

5. Устройство мобильной связи по п.4, отличающееся тем, что первый узел разложения по собственным значениям и их вычисления включает в себя первый блок разложения по собственным значениям, который посредством метода разложения по собственным значениям формирует долгосрочные собственные вектора и

RU 2 238 611 C1

RU 2 238 611 C1

долгосрочные собственные значения, используя третью характеристику, поступающую от узла суммирования нарастающим итогом, счетчик векторов, который подсчитывает количество долгосрочных собственных значений, которые превышают первое заданное пороговое значение, и выдает результат подсчета в качестве количества эффективных долгосрочных собственных векторов, первый селектор, который выбирает долгосрочные собственные вектора, прошедшие процедуру удаления шумов, в количестве, равном количеству передающих антенн, из долгосрочных собственных векторов, поступивших от первого блока разложения по собственным значениям, выбирает долгосрочные собственные значения, прошедшие процедуру удаления шумов, в количестве, равном количеству эффективных долгосрочных собственных векторов, из долгосрочных собственных значений, поступивших от первого блока разложения по собственным значениям, и выдает выбранные долгосрочные собственные вектора и долгосрочные собственные значения в качестве эффективных долгосрочных собственных векторов и эффективных долгосрочных собственных значений соответственно, причем первое заданное пороговое значение означает уровень шумов в третьей характеристике.

6. Устройство мобильной связи по п.2, отличающееся тем, что блок определения краткосрочной информации включает в себя узел определения краткосрочной корреляции, который определяет четвертую характеристику, поступающую от второго блока определения характеристик канала, и долгосрочную информацию, и выдает четвертую характеристику, второй узел разложения по собственным значениям и их вычисления, который посредством метода разложения по собственным значениям формирует эффективные краткосрочные собственные вектора на основе четвертой характеристики и выдает сформированные эффективные краткосрочные собственные вектора, причем четвертая характеристика соответствует краткосрочной корреляции характеристики канала линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн.

7. Устройство мобильной связи по п.6, отличающееся тем, что второй узел разложения по собственным значениям и их вычисления включает в себя второй блок разложения по собственным значениям, который посредством метода разложения по собственным значениям формирует краткосрочные собственные вектора, используя четвертую характеристику, поступающую от узла определения краткосрочной корреляции, и второй селектор, который выбирает $N_{\text{дх}}$ ($N_{\text{дх}}-1$) краткосрочных собственных векторов из краткосрочных собственных векторов, поступивших от второго блока разложения по собственным векторам, и выдает выбранные краткосрочные собственные вектора в качестве эффективных краткосрочных собственных векторов, причем $N_{\text{д}}$ соответствует количеству эффективных долгосрочных собственных векторов.

8. Устройство мобильной связи по п.2,

отличающееся тем, что блок управления мощностью передачи по линии "вниз" включает в себя узел вычитания, который вычитает второе заданное пороговое значение из ОСВПШ, поступившего от блока определения характеристик канала, и выдает результат вычитания, и узел проверки знака, который определяет информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" на основе знака результата вычитания, поступившего от узла вычитания, и выдает определенную информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" на блок преобразования сигнала.

9. Устройство мобильной связи по п.1, отличающееся тем, что базовая станция включает в себя блок восстановления информации, который восстанавливает долгосрочную информацию, эффективные краткосрочные собственные вектора и ОСВПШ из сигнала обратной связи, принятого по меньшей мере через одну передающую антенну, и выдает восстановленные долгосрочную информацию, эффективные краткосрочные собственные вектора и ОСВПШ, блок формирования информации о базисе, который на основе восстановленной долгосрочной информации, эффективных краткосрочных собственных векторов и ОСВПШ формирует базисные вектора и коэффициенты усиления в качестве информации о базисе, блок регулировки усиления, который регулирует амплитуды сигналов ВФКН в соответствии с коэффициентами усиления и выдает результаты регулировки, блок применения базисных векторов, который применяет базисные вектора к результатам регулировки, поступившим от блока регулировки усиления, и выдает результаты в качестве результатов пространственной обработки, блок суммирования, который суммирует сигналы ПЧК с результатами пространственной обработки и выдает результаты суммирования, причем по меньшей мере одна передающая антенна передает результаты суммирования на мобильную станцию.

10. Устройство мобильной связи по п.9, отличающееся тем, что блок формирования информации о базисе включает в себя узел интерполяции базисных векторов, который интерполирует восстановленные эффективные краткосрочные собственные вектора, поступающие от блока восстановления информации, узел формирования базисных значений, который определяет эффективные краткосрочные собственные значения с использованием таблицы, полученной на основе восстановленного ОСВПШ, поступившего от блока восстановления информации, и количества $N_{\text{д}}$ эффективных долгосрочных собственных векторов, первый узел умножения, который умножает восстановленную долгосрочную информацию, результат интерполяции, выполненной с использованием эффективных краткосрочных собственных векторов, и сформированные эффективные краткосрочные собственные значения, и выдает произведение, второй узел умножения, который вычисляет матрицу автокорреляции, используя произведение, поступившее от первого узла умножения, и выдает вычисленную матрицу автокорреляции, и третий узел разложения по

собственными значениями и их вычисления, который формирует базисные вектора и коэффициенты усиления, используя матрицу автокорреляции, поступающую от второго узла умножения.

11. Устройство мобильной связи по п.10, отличающееся тем, что третий узел разложения по собственным значениям и их вычисления включает в себя третий блок разложения по собственным значениям, который посредством метода разложения по собственным значениям формирует мгновенные собственные вектора и мгновенные собственные значения на основе матрицы автокорреляции, поступающей от второго узла умножения, узел распределения мощности, который формирует количество базисных векторов и коэффициенты усиления на основе мгновенных собственных значений, поступающих от третьего блока разложения по собственным значениям, и третий селектор, который выбирает мгновенные собственные вектора в количестве, равном количеству базисных векторов, поступающему от узла распределения мощности, из мгновенных собственных векторов, поступивших от третьего блока разложения по собственным значениям, и выдает вектор-столбцы, которые состоят из выбранных мгновенных собственных векторов, в качестве базисных векторов.

12. Устройство мобильной связи по п.10, отличающееся тем, что первый узел умножения умножает восстановленную долгосрочную информацию, результаты интерполяции, выполненной с использованием эффективных краткосрочных собственных векторов Q^* и Q^T , и сформированные эффективные краткосрочные собственные значения Λ' и Λ'^T , используя следующее уравнение, и выдает произведение W^H на второй узел умножения в качестве восстановленной долгосрочной информации

$$W^H = Q^* \Lambda'^T \Lambda'^{-1/2} Q^T \sigma \Lambda' \Lambda'^T,$$

где Q^* и Q^T и Λ' и Λ'^T обозначают восстановленные эффективные долгосрочные собственные вектора и эффективные долгосрочные собственные значения соответственно.

13. Устройство мобильной связи по п.10, отличающееся тем, что узел распределения мощности, используя метод гидрофильности или метод обратной гидрофильности на основе мгновенных собственных значений вычисляет соотношение распределения мощности по каналам и количество базисных векторов, распределяет по каналам выделенную базовой станции суммарную мощность, используя соотношение распределения мощности, и определяет результаты распределения в качестве коэффициентов усиления.

14. Устройство мобильной связи по п.9, отличающееся тем, что блок регулировки усиления включает в себя контроллер, который посредством линейной пропорции, используя коэффициенты усиления, вычисляет порядки модуляции и выдает вычисленные порядки модуляции, и модуляторы P_1 - порядка, P_2 - порядка, ... и P_{N_2} - порядка, которые модулируют сигналы

ВФКн в соответствии с порядками модуляции, поступающими от контроллера, и выдают результат каждой модуляции, причем N_2 означает количество эффективных долгосрочных собственных векторов, и первый, второй, ... и N_2 -й блоки умножения, которые умножают результаты модуляции, поступающие от модуляторов P_1 - порядка, P_2 - порядка, ... и P_{N_2} - порядка, на

коэффициенты усиления и выдают произведение в качестве результатов регулировки усиления.

15. Устройство мобильной связи по п.14, отличающееся тем, что модуляторы P_1 - порядка, P_2 - порядка, ... и P_{N_2} - порядка

модулируют сигналы ВФКн в соответствии с порядками модуляции посредством квадратурной амплитудной модуляции (QAM).

16. Устройство мобильной связи по п.14, отличающееся тем, что блок регулировки усиления дополнительно включает в себя (N_2+1) -й блок умножения, который умножает произведение, поступающее от первого, второго, ... и N_2 -го блоков умножения, на потоки сигналов сжатия/расширения спектра и выдает полученные произведения на блок применения базисных вектора в качестве результатов регулировки амплитуды.

17. Устройство мобильной связи по п.9, отличающееся тем, что блок применения базисных векторов включает в себя (N_2+2) -й блок умножения, который умножает результаты регулировки амплитуды, поступающие от блока регулировки усиления, на базисные вектора, поступающие от блока формирования информации о базисе, и выдает полученные произведения в качестве результатов пространственной обработки.

18. Способ мобильной связи, выполняемый между базовой станцией по меньшей мере с одной передающей антенной и мобильной станцией по меньшей мере с одной приемной антенной, заключающийся в том, что (а) из принятой от мобильной станции сигнала обратной связи восстанавливают определенные на

мобильной станции долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и отношение уровня сигнала к совокупному уровню взаимных помех и шумов (ОСВПШ), которые отражают первую характеристику, соответствующую характеристике канала линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн, выполняют пространственную обработку сигналов выделенного физического канала (ВФКн), используя информацию о базисе, сформированную на основе восстановленных долгосрочной информации, краткосрочной информации и ОСВПШ, суммируют сигналы канала пилот-сигнала (ПКн) и результаты пространственной обработки и передают результаты суммирования на мобильную станцию, причем долгосрочная информация включает в себя эффективные долгосрочные собственные вектора и эффективные

долгосрочные собственные значения, а краткосрочная информация включает в себя эффективные краткосрочные собственные вектора.

19. Способ мобильной связи по п.18,

дополнительно заключающийся в том, что дополнительно (б) определяют первую характеристику на основе переданных базовой станцией сигналов ПКн на основе первой характеристики определяют долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз", включающую ОСБПШ, преобразуют определенные долгосрочную информацию, краткосрочную информацию и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" в сигнал обратной связи и передают этот сигнал обратной связи на базовую станцию, причем информация управления мощностью передачи по линии "вниз" включает в себя информацию о том, следует ли увеличить или уменьшить мощность передачи по линии "вниз".

20. Способ мобильной связи по п.19, отличающийся тем, что на этапе (а) (a1) из сигнала обратной связи, принятого по меньшей мере через одну передающую антенну, восстанавливают долгосрочную информацию, эффективные краткосрочные собственные вектора и ОСБПШ, (a2) на основе восстановленных долгосрочной информации, эффективных краткосрочных собственных векторов и ОСБПШ формируют базисные вектора, и базисные значения в качестве информации о базисе, (a3) регулируют амплитуды сигналов ВФКн, используя коэффициенты усиления, (a4) применяют базисные вектора к сигналам ВФКн, прошедшим регулировку амплитуды, и определяют результаты в качестве результатов пространственной обработки, (a5) суммируют сигналы ПКн с результатами пространственной обработки и передают результаты суммирования на мобильную станцию по меньшей мере через одну передающую антенну.

21. Способ мобильной связи по п.20, отличающийся тем, что на этапе (a2) (a21) после этапа (a1) интерполируют восстановленные эффективные краткосрочные собственные вектора, (a22) определяют эффективные краткосрочные собственные вектора с использованием таблицы, полученной на основе восстановленного ОСБПШ и количества N_B эффективных долгосрочных собственных векторов, (a23) умножают восстановленную долгосрочную информацию, результаты интерполяции, выполненной с использованием эффективных краткосрочных собственных векторов, и краткосрочные собственные значения для получения характеристической матрицы канала приема, (a24) на основе характеристической матрицы канала приема вычисляют матрицу автокорреляции, (a25) на основе матрицы автокорреляции формируют базисные вектора и коэффициенты усиления и переходят к этапу (a3).

22. Способ мобильной связи по п.21, отличающийся тем, что на этапе (a25) после этапа (a24) на основе матрицы автокорреляции посредством метода разложения по собственным значениям формируют мгновенные собственные вектора и мгновенные собственные значения, на основе мгновенных собственных векторов формируют количество N базисных векторов и коэффициенты усиления, выбирают

мгновенные собственные вектора в количестве, равном количеству N базисных векторов, из сформированных мгновенных собственных векторов и определяют выбранные N мгновенных собственных вектора в качестве базисных векторов.

23. Способ мобильной связи по п.20, отличающийся тем, что на этапе (a3) (a31) после этапа (a2) регулируют порядки модуляции, скорости кодирования и амплитуды сигналов ВФКн, используя коэффициенты усиления, и переходят к этапу (a4).

24. Способ мобильной связи по п.23, отличающийся тем, что на этапе (a3) (a32) умножают результаты регулировки по этапу (a31) на потоки сигналов скремблирования/расширения спектра, определяют полученные произведения как сигналы ВФКн с отрегулированными амплитудами и переходят к этапу (a4).

25. Способ мобильной связи по п.23, отличающийся тем, что на этапе (a31) после этапа (a2), используя коэффициенты усиления, посредством линейной пропорции получают порядки модуляции, модулируют сигналы ВФКн в соответствии с порядками модуляции, и умножают результаты модуляции на коэффициенты усиления и переходят к этапу (a4).

26. Способ мобильной связи по п.20, отличающийся тем, что на этапе (a4) полученные на этапе (a3) сигналы ВФКн с отрегулированными амплитудами умножают на базисные вектора, определяют полученные произведения как результаты пространственной обработки и переходят к этапу (a5).

27. Способ мобильной связи по п.20, отличающийся тем, что на этапе (б) (b1) на основе сигналов ПКн, принятых по меньшей мере через одну приемную антенну, определяют первую характеристику, используя определенную первую характеристику, формируют вторую характеристику, а на основе сформированной второй характеристики определяют ОСБПШ, (b2) используя вторую характеристику, определяют эффективные долгосрочные собственные вектора и эффективные долгосрочные собственные значения, (b3) используя вторую характеристику и долгосрочную информацию, определяют эффективные краткосрочные собственные вектора, (b4) кодируют эффективные краткосрочные собственные вектора в виде битов и определяют результат битового кодирования как информацию высокоскоростной обратной связи, (b5) кодируют долгосрочную информацию в виде битов и определяют результат битового кодирования как информацию низкоскоростной обратной связи, (b6)

формируют информацию управления мощностью передачи по линии "вниз", используя ОСБПШ, и (b7) преобразуют информацию высокоскоростной обратной связи, информацию низкоскоростной обратной связи и информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" в сигнал обратной связи и передают преобразованный сигнал обратной связи на базовую станцию по меньшей мере через одну приемную антенну, причем вторая характеристика соответствует мгновенной корреляции характеристики

канала линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн

28. Способ мобильной связи по п.27, отличающийся тем, что на этапе (66) после этапа (65) вычитают второе заданное пороговое значение из ОСВПШ, определяют информацию управления мощностью передачи по линии "вниз" на основе знака результата вычитания и переходят к этапу (67)

29. Способ мобильной связи по п.27, отличающийся тем, что на этапе (6) дополнительно на основе результатов пространственной обработки, поступивших по меньшей мере через одну приемную антенну, восстанавливают сигналы ПКн.

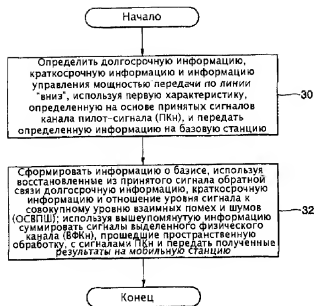
30. Способ мобильной связи по п.27, отличающийся тем, что на этапе (62) (621) после этапа (61) суммируют вторую характеристику нарастающим итогом и определяют результат суммирования, настающим итогом как третью характеристику, и (622) посредством метода разложения по собственным значениям на основе третьей характеристики формируют эффективные долгосрочные собственные вектора и эффективные долгосрочные собственные значения и переходят к этапу (63), причем третья характеристика соответствует долгосрочной корреляции характеристики канала линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн.

31. Способ мобильной связи по п.30, отличающийся тем, что на этапе (622) после этапа (621) посредством метода разложения по собственным значениям на основе третьей характеристики формируют долгосрочные собственные вектора и долгосрочные собственные значения, подсчитывают количество долгосрочных собственных значений, которые превышают первое заданное пороговое значение, и определяют результат подсчета в качестве количества эффективных долгосрочных собственных векторов, выбирают долгосрочные собственные вектора, прошедшие процедуру

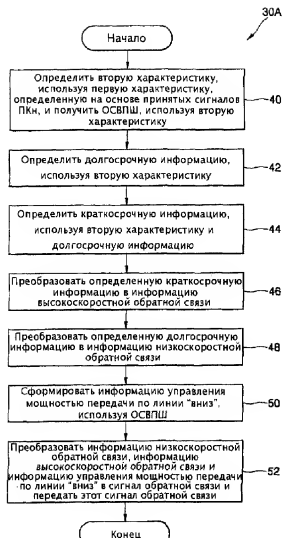
удаления шумов, в количестве, равном количеству передающих антенн, из сформированных долгосрочных собственных векторов, выбирают долгосрочные собственные значения, прошедшие процедуру удаления шумов, в количестве, равном количеству эффективных долгосрочных собственных векторов, из сформированных долгосрочных собственных значений, выдают выбранные долгосрочные собственные вектора и долгосрочные собственные значения в качестве эффективных долгосрочных собственных векторов и эффективных долгосрочных собственных значений соответственно и переходят к этапу (63), причем первое заданное пороговое значение означает уровень шумов в третьей характеристике.

32. Способ мобильной связи по п.27, отличающийся тем, что на этапе (63) (631) после этапа (62) формируют четвертую характеристику, используя вторую характеристику и долгосрочную информацию, и (632) посредством метода разложения по собственным значениям на основе четвертой характеристики формируют эффективные краткосрочные собственные вектора и переходят к этапу (64), причем четвертая характеристика соответствует краткосрочной корреляции характеристики канала линии "вниз" для каждой из передающих и приемных антенн.

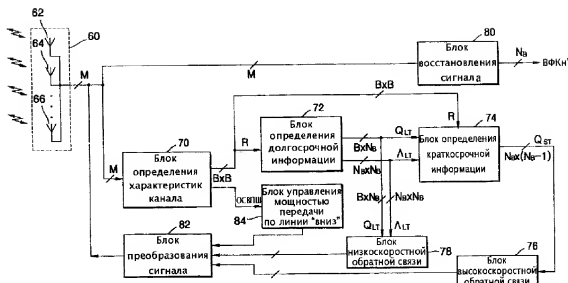
33. Способ мобильной связи по п.32, отличающийся тем, что на этапе (632) после этапа (631) посредством метода разложения по собственным значениям на основе четвертой характеристики формируют краткосрочные собственные вектора, выбирают $N_{\text{дх}}$ ($N_{\text{дх}}-1$) краткосрочных собственных векторов из краткосрочных собственных векторов в качестве эффективных краткосрочных собственных векторов, причем $N_{\text{дх}}$ соответствует количеству эффективных долгосрочных собственных векторов.



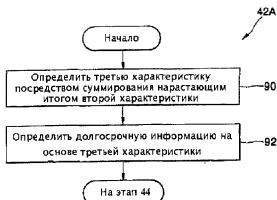
Фиг. 2



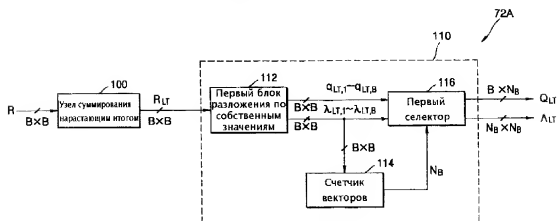
Фиг. 3



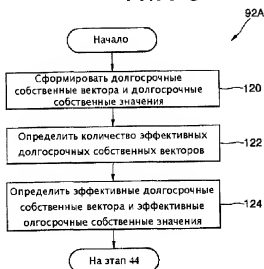
Фиг. 4



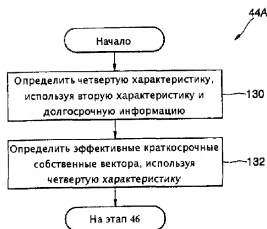
Фиг. 5



Фиг. 6



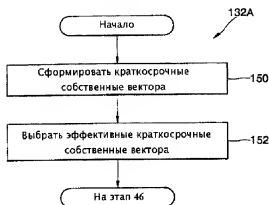
Фиг. 7



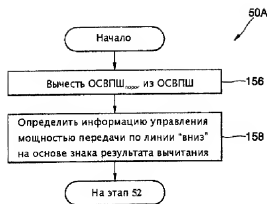
Фиг. 8



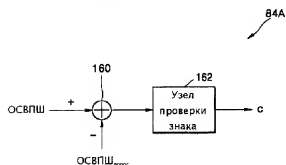
Фиг. 9



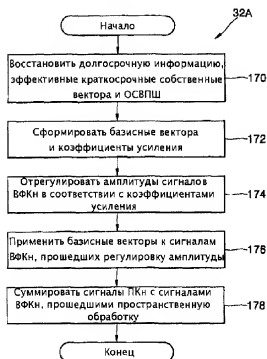
Фиг. 10



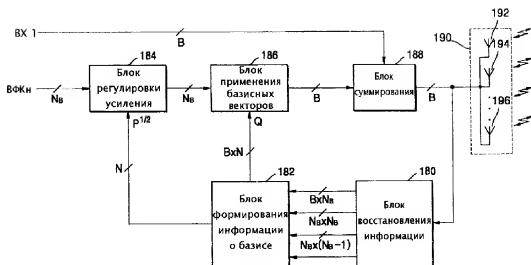
Фиг. 11



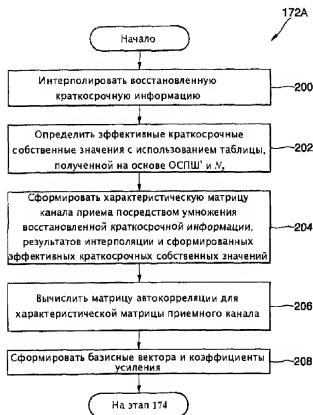
Фиг. 12



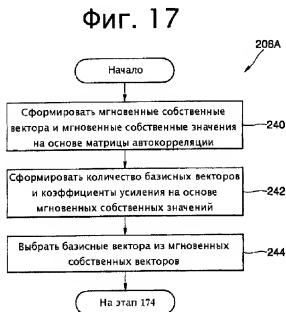
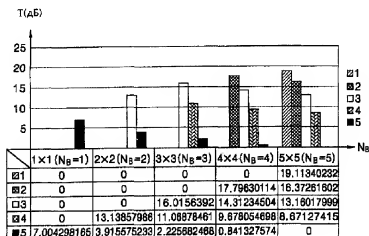
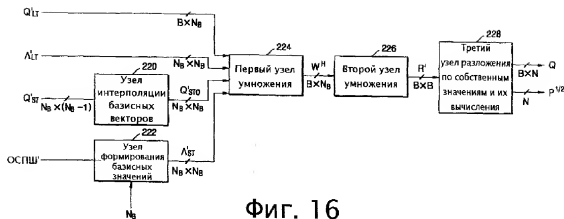
Фиг. 13



Фиг. 14



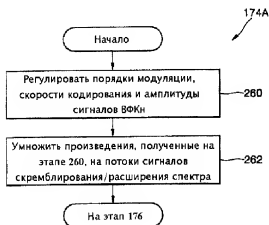
Фиг. 15



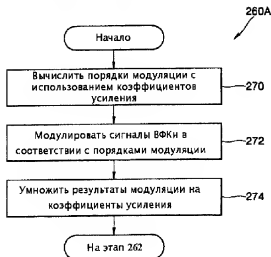
Фиг. 18



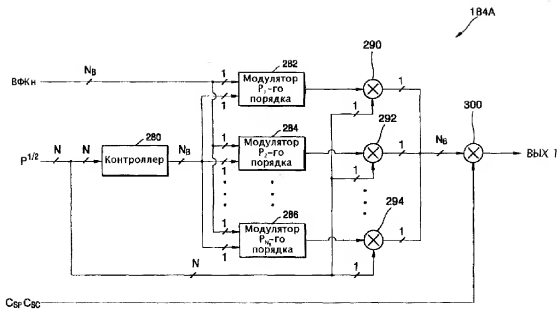
Фиг. 19



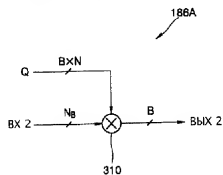
Фиг. 20



Фиг. 21



Фиг. 22



Фиг. 23

RU 2 238 611 C 1

RU 2 238 611 C 1